

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-321809

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

| (51) Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------------|------|---------|---------------|--------|
| H 0 4 L 25/02 | | | H 0 4 L 25/02 | R |
| | | | 25/03 | B |
| H 0 4 M 11/06 | | | H 0 4 M 11/06 | |
| H 0 4 Q 11/02 | | | H 0 4 Q 11/02 | |
| | | 9466-5K | H 0 4 L 11/02 | Z |
| 審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 18 頁) | | | | |

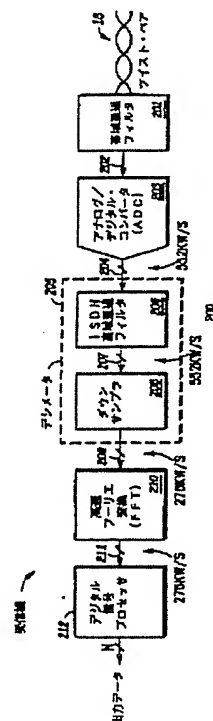
| | | | |
|--------------|-----------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願平9-57184 | (71) 出願人 | 390009597 モトローラ・インコーポレイテッド MOTOROLA INCORPORATED アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、 イースト・アルゴンクイン・ロード1303 |
| (22) 出願日 | 平成9年(1997)2月26日 | (72) 発明者 | マッシュー・エー・リビッキ アメリカ合衆国テキサス州オースチン、カ パー・トレイル10201 |
| (31) 優先権主張番号 | 6 1 6 8 1 8 | (72) 発明者 | マイケル・アール・メイ アメリカ合衆国テキサス州オースチン、ロ ーチェスター13110 |
| (32) 優先日 | 1996年3月15日 | (74) 代理人 | 弁理士 大貫 進介 (外1名) |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (U S) | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 柔軟なADSL受信機、これを利用する中央局およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 ツイスト・ペア銅線18上でアップストリー
ムADSL信号およびISDN信号を遠隔端末32から
受信するADSL受信機200を提供する。

【解決手段】 遠隔端末32のADSL送信機100
は、ADSL信号がISDN信号の周波数範囲と重複し
ないように、ISDN周波数範囲より上の周波数範囲で
ADSL信号を送信する。一実施例では、ADSL受信
機200は、帯域通過フィルタ201、アナログ/デジ
タル・コンバータ203、デシメータ205、高速フー
リエ変換210およびデジタル信号プロセッサ212を
含む。デシメータ205は、ADSL信号をベースバン
ドに変換し戻し、それによりADSL信号源は、ADS
Lスループットをあまり低下させずに、ISDN信号源
と同時に電話回線を利用できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ADSL受信機(200, 220, 240, 250)であって: アナログADSL信号を受ける入力と、出力とを有する帯域通過フィルタ(201, 221, 241, 251); 前記帯域通過フィルタ(201, 221, 241, 251)の前記出力に結合された入力と、前記アナログADSL信号を表すデジタル信号を与える出力とを有するアナログ/デジタル・コンバータ(203, 223, 241, 251); 前記アナログ/デジタル・コンバータの前記出力に結合された入力
10 と、出力とを有するデシメータ(205, 227); 前記デシメータ(205, 227)の前記出力に結合された入力と、出力とを有する時間/周波数コンバータ(210, 233, 247, 257); および前記時間/周波数コンバータ(210, 233, 247, 257)の前記出力に結合された入力と、デコードされたデジタル・データを与える出力とを有するデジタル信号プロセッサ(212, 233, 248, 258); によって構成されることを特徴とするADSL受信機(200, 220, 240, 250)。

【請求項2】 ADSL受信機(220)であって: アナログADSL信号を受ける入力と、出力とを有する帯域通過フィルタ(221); 前記帯域通過フィルタ(221)の前記出力に結合された入力と、前記アナログADSL信号を表すデジタル信号を与える出力とを有するアナログ/デジタル・コンバータ(223); 前記アナログ/デジタル・コンバータ(223)の前記出力に結合された第1入力と、混合信号を受ける第2入力と、多重周波数信号を与える出力とを有する乗算器(225); 前記アナログ/デジタル・コンバータ(223)
30 の前記出力に結合され、前記多重周波数信号を受ける入力と、デシメートされた信号を与える出力とを有するデシメータ(227); 前記デシメータ(227)の前記出力に結合され前記デシメートされた信号を受ける入力と、周波数領域信号を与える出力とを有する時間/周波数コンバータ(232); および前記時間/周波数コンバータ(232)の前記出力に結合され、前記周波数領域信号を受ける入力と、デコードされたデジタル・データを与える出力とを有するデジタル信号プロセッサ(233); によって構成されることを特徴とするADSL受信機(220)。

【請求項3】 電話回線(18)に接続するための中央局端末であって: 第1周波数成分を有するADSL信号源に結合された第1端末(40); 第2周波数成分を有する第2信号源に結合された第2端末(46)であって、前記第1および第2周波数成分の周波数が重複しない、第2端末(46); および前記第1端末(40)に結合された受信機回路(200, 220, 240, 250)であって、前記受信機回路(200, 220, 240, 250)は、前記第1および第2周波数成分を受信
40

し、前記第2周波数成分を実質的に除去し、前記第1周波数成分をデコードして、デコードされたデジタル信号を与える受信機回路(200, 220, 240, 250); によって構成され、前記ADSL信号源および前記第2信号源は前記電話回線(18)を同時に利用できることを特徴とする中央局端末。

【請求項4】 アナログADSL信号をデコードする方法であって: 前記アナログADSL信号を帯域通過濾波して、濾波されたアナログADSL信号を与える段階;
10 前記濾波されたADSL信号を、前記アナログADSL信号を表すデジタル・データ信号に変換する段階; 前記デジタル・データ信号をデシメートして、デシメートされたデジタル・データ信号を与える段階; 前記デシメートされたデジタル・データ信号を周波数領域デジタル・データ信号に変換する段階; および前記周波数領域デジタル・データ信号をデコードして、デコードされたデジタル・データを与える段階; によって構成されることを特徴とする方法。

【請求項5】 アナログADSL信号をデコードする方法であって: 前記アナログADSL信号を帯域通過濾波する段階; 前記アナログADSL信号をデジタルADSL信号に変換する段階; 前記デジタルADSL信号にミキシング信号を混合して、多重周波数デジタルADSL信号を生成する段階; 前記多重周波数デジタルADSL信号をデシメートして、デシメートされた多重周波数デジタルADSL信号を生成する段階; 前記デシメートされた多重周波数デジタルADSL信号を周波数領域のデシメートされた周波数倍増デジタルADSL信号に変換する段階; および前記周波数領域のデシメートされた多重周波数デジタルADSL信号をデコードして、デコードされたデジタル・データを生成する段階; によって構成されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般に通信に関し、さらに詳しくは、ADSL(asymmetrical digital subscriber line)受信機に関する。

【0002】

【従来の技術】 米国規格協会(ANSI)によって規定される北米ISDN(Integrated Service Digital Network)規格は、電話回線上の情報伝送のプロトコルを規定する。特に、ISDN規格は、情報を伝送できるレートおよびそのフォーマットを規定する。ISDNでは、2本の64キロビット/秒(kbps)のチャネルの全二重デジタル伝送が可能で、従来のアナログ・モデムを利用したデータ伝送の能力を大幅に上回る。

【0003】 ビデオ会議などの高データ・レートのインタラクティブ・サービスをより多くの家庭および小企業利用者に利用できるようにするためには、高速データ通信路が必要になる。光ファイバ・ケーブルはこのような

高データ・レート・サービスの好適な伝送媒体であるが、既設の通信ネットワークで容易に利用できず、光ファイバ・ケーブルの設置費用は極めて高価である。銅ツイスト・ペア媒体からなる現在の電話配線接続は、インタラクティブ・サービスに必要なデータ・レートまたは帯域幅をサポートするように設計されていない。ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Lines) 技術は、既設のツイスト・ペア接続の有効帯域幅を増加して、新たな光ファイバ・ケーブルの設置を必要とせず、インタラクティブ・サービスの提供を可能にすべく開発された。

【0004】DMT (Discrete Multi-Tone) は、ツイスト・ペア接続の利用可能な帯域幅を多くのサブチャンネルに分割するマルチキャリア方法である。DMT方法は、ADSLシステム用としてANSI T1E1.4 (ADSL) 委員会によって採択された。ADSLでは、エンド・ユーザへのダウストリーム伝送のため26kHz~1.1MHzの250本の個別の4.3125kHzサブチャンネルと、エンド・ユーザによるアップストリーム伝送のための26kHz~138kHzの26本のサブチャンネルとを生成するためDMTが用いられる。個別のサブチャンネルの伝送能力は各接続について評価され、その伝送能力(各サブチャンネルがサポートできるビット数)に応じて、データはサブチャンネルに割り当てられる。データ伝送をサポートできないサブチャンネルは利用されず、一方、伝送をサポートできるサブチャンネルのビット伝達容量(bit-carrying capacity)は最大となる。従って、ADSLシステムにおいてDMTを利用することにより、各ツイスト・ペア接続の伝送能力は固定帯域幅上で最大となる。

【0005】接続の伝送能力が確立されると、データ転送プロセスはデータを符号化することによって開始する。ADSLシステムにおけるデータはフレームにまとめられ、ここで一つのフレームは、送信すべきデータのタイム・スライス(time-slice)を表す。フレームからのビットは、各サブチャンネルがサポートできるビット数に基づいてサブチャンネルに割り当てられ、サブチャンネルは周波数領域ベクトル・セットを生成することによって符号化される。ベクトル・セットにおける周波数領域ベクトル(frequency-domain vectors)は、位相成分および大きさ成分を利用して、ビットの値を符号化する。逆高速フーリエ変換(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)は、周波数領域ベクトルの周波数/時間変換を行い、その結果、デジタル時間領域情報が得られる。次に、デジタル/アナログ・コンバータ(DAC)は、デジタル情報をアナログ信号に変換し、送信機がこのアナログ信号を銅ツイスト・ペア媒体上に送信する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ISDNは、0kHzから80kHzの周波数範囲で動作する。ISDNおよ

びADSLは重複する周波数帯域を有するので、ISDNデータおよびADSLデータの両方は同一ツイスト・ペア上で同時に伝送することは自動的にできない。同時伝送を可能にする従来の方法の一つとして、中央局(central office)のADSL受信機が0Hzから80kHzの周波数範囲におけるDMT信号を受信することをフィルタにより防ぐ方法がある。これによりADSLおよびISDN受信機は同時に動作できるが、全てのチャンネルが利用できないので、ADSLチャンネルのスループットは低下する。

【0007】

【実施例】一般に、本発明は、ISDN通信にも用いられるツイスト・ペア銅線上で、遠隔端末から修正されたアップストリームADSL信号を受信するADSL受信機を提供する。遠隔端末の送信機は、ADSL信号がISDN信号の周波数成分と重複したり、あるいは干渉しないように、ISDN周波数成分より上の周波数成分を有する修正されたアップストリームADSL信号を送信する。一実施例では、ADSL受信機は、帯域通過フィルタ、アナログ/デジタル・コンバータ、デシメータ、時間/周波数コンバータおよびデジタル信号プロセッサを含む。デシメータは、修正アップストリームADSL信号をベースバンドに戻し、それによりADSL信号源がADSLスループットを大幅に低減せずにISDN信号源と電話回線を同時に利用できるようにする。

【0008】図1は、従来技術によるADSL送信機10をブロック図形式で示す。送信機10は、一般に、デジタル信号プロセッサ(DSP)11、逆高速フーリエ変換(IFFT)12、高域通過フィルタ13、デジタル/アナログ・コンバータ(DAC)14および帯域通過フィルタ15を含み、これらはすべて導体のツイスト・ペア18として表される電話伝送回線に結合される。なお、図1の送信機10において、エコー・キャンセラ、伝送回線ハイブリッドなどの追加信号処理機能は存在するが、説明を簡単にするため省略していることに留意されたい。また、「POTSトランシーバ」と記された電話受信機16もツイスト・ペア18に接続される。POTSトランシーバ16は、従来の電話、すなわち「plain old telephone set」なのでそのように記される。

【0009】DSP11は、アップストリームADSLチャンネルを実施するために必要なデジタル信号処理機能を表し、ANSI T1.43規格によって規定される全ての機能を含む。DSP11は、32個の複素シンボルを与える出力を有する。各シンボルは実数成分と虚数成分とによって表され、ADSL規格によって規定されるように所定の周波数帯域における信号を表す。DSP11の有効データ・レートは276キロワード/秒(kW/s)であり、各ワードは複素シンボルの実数部分または虚数部分を表す。DSP11は、適切なソフトウェア

を有するMotorola, Inc. から入手可能なDSP56300などの汎用デジタル信号プロセッサや、専用DSPまたはこの2つの組み合わせによって構築できる。

【0010】IFFT12は、実数シンボルおよび虚数シンボルを対応する時間領域表現に変換する信号プロセッサ・ブロックであり、任意の従来のIFFT信号プロセッサでもよい。IFFT12は、276kW/sのデータ・レートで時間領域信号を出力する。高域通過フィルタ13は、IFFT12の出力に接続された入力と、出力とを有する。高域通過フィルタ13は、約26kHzで低周波数カットオフを行うデジタル高域通過フィルタである。高域通過フィルタ13は、同様に276kW/sで出力を与える。DAC14は、高域通過フィルタ13の出力に接続された入力と、出力とを有する。DAC14は、高域通過濾波されたデジタル信号を対応するアナログ表現に変換する。DAC14は、シグマ・デルタ、抵抗ラダー(resistor ladder)など任意の従来のDACアーキテクチャでもよい。帯域通過フィルタ15は、DAC14の出力に接続された入力と、伝送回線ハイブリッド(図1で図示せず)を介してツイスト・ペア18に接続された出力とを有する。帯域通過フィルタ15は、26kHz~138kHzの通過帯域を有する。音声信号を伝送するために設計されたPOTSトランシーバ16は、0~4kHzの帯域幅を有する。従って、ツイスト・ペア18へのPOTSトランシーバ16の接続は、2つの信号源の周波数成分が重複しないので、ADSL伝送と干渉しない。

【0011】図2は、従来技術によるADSL受信機20をブロック図形式で示す。ADSL受信機20は、中央局(CO: central office)におけるアップストリームADSLデータの受信機として利用でき、図1の送信機10とともに利用できる。受信機20は、一般に、帯域通過フィルタ21、アナログ/デジタル・コンバータ(ADC)22、高域通過フィルタ23、高速フーリエ変換(FFT)24およびDSP25を含む。帯域通過フィルタ21は、図示しない伝送回線ハイブリッドを介してツイスト・ペア18に接続された入力と、出力とを有する。帯域通過フィルタ21は、26kHz~138kHzの通過帯域を有する。ADC22は、帯域通過フィルタ21の出力に接続された入力と、出力とを有する。ADC22は、シグマ・デルタ、連続近似(successive approximation)など任意の従来のアナログ/デジタル変換方法を利用できる。ADC22は、276kW/sのデータ・レートで出力を与える。高域通過フィルタ23は、ADC22の出力に接続された入力と、出力とを有する。高域通過フィルタ23は、26kHzの低周波数カットオフを有し、276kW/sのデータ・レートで出力信号を与える。FFT24は、高域通過フィルタ23の出力に接続された入力と、出力とを有する。FFT24は32個の複素数を与え、各複素数は実数成分およ

び虚数成分を有し、ADSL規格によって規定されるアップストリーム・データ伝送に伴う各周波数帯域における信号を表す。また、FFTは、276kW/sのデータ・レートで出力を与える。DSP25は、FFT24の出力に接続された入力と、「データ」と記された信号を与える出力とを有する。なお、受信機20は送信機10と同様であるが反対方向の機能を実行することに留意されたい。

【0012】図1および図2と一緒に検討すると、送信機10および受信機20は、ADSLアップストリーム・データ・チャネルを構築するために利用できる。さらに、POTSトランシーバ16は、同じツイスト・ペア18上で同時に動作できる。従って、音声電話呼出は、ADSL伝送と同時に行うことができる。また、ISDN信号源をツイスト・ペア18に接続することが望ましい。しかし、送信機10からツイスト・ペア18に与えられる出力信号は26kHz~138kHzの範囲の周波数成分を有し、これは0~80kHz周波数成分を有するISDN信号と干渉するため、ADSLアップストリーム・システムは確実に動作しない。本発明について、図3ないし図19を参照してさらに詳しく説明する。図3は、本発明により同一電話回線上でISDNおよびADSLの同時伝送を可能にする通信システム30をブロック図形式で示す。通信システム30は、ADSL中央局40、ADSL遠隔端末32、ISDNトランシーバ38およびISDNトランシーバ46を含む。ADSL遠隔端末32は、ADSLトランシーバ34およびスプリッタ36を含む。ADSL遠隔端末32には、テレビジョン受信機48などの通信装置が接続できる。ツイスト・ペア18は、ADSL遠隔端末32をADSL中央局40に結合する。ADSL中央局40には、ビデオ・サーバ58などの通信装置を結合できる。

【0013】ADSL中央局40は、ADSLトランシーバ42およびスプリッタ44を含む。スプリッタ44は、ADSLトランシーバ42をツイスト・ペア18に結合し、受信したISDN信号およびADSL信号を適切な対応する受信機に分離させる。同様に、スプリッタ44は、ISDN送信機およびADSL送信機からの送信信号をツイスト・ペア18に結合する。スプリッタ44は、受信ADSL信号をISDN信号から分離する帯域通過フィルタ回路と、ツイスト・ペア上で送信するためADSL信号とISDN信号とを合成する回路とを含む。スプリッタ36はスプリッタ44と同じように機能し、ADSL信号およびISDN信号を必要に応じて分離または合成する。

【0014】電話52またはコンピュータ端末50などの通信装置は、ISDNトランシーバ38に結合できる。同様に、ISDNトランシーバ46には、コンピュータ端末56および/または電話54を結合できる。動作時に、通信システム30は、ツイスト・ペア18上で

ISDN信号およびADSL信号の同時送信および受信を可能にする。ADSLトランシーバ34は、図4、図6、図8または図10に示すように、本発明によるADSL送信機を含む。ADSLトランシーバ34は、ツイスト・ペア18を介してADSL中央局40にアップストリームADSL信号を送信する。ADSLトランシーバ42および中央局40は、図12、図14、図16または図18に示す受信機のうちの一つを含み、ADSLトランシーバ34からアップストリーム・データ信号を受信する。以下で詳細に説明するように、ADSLトランシーバ34は、ISDNネットワークが利用する周波数よりも高い周波数までアップストリームADSL信号をシフトまたは修正する。この修正されたアップストリームADSL信号は、ISDN信号と同時にツイスト・ペア18で送信できる。中央局40のADSLトランシーバ42のADSL受信機は、ISDN信号を帯域通過濾波し、修正アップストリームADSL信号を元のスペクトル帯域に戻し、ここでDSPで用いるためデジタル出力データに変換される。ADSL中央局40からのダウンストリームADSLは、ISDN信号によって占められる周波数帯域を利用しないように修正される。この修正は、ADSLトランシーバ42のダウンストリーム送信機の高域通過フィルタのカットオフ周波数およびADSLトランシーバ34のダウンストリーム受信機の高域通過フィルタのカットオフ周波数を変更することにより達成される。

【0015】図4は、図3の通信システム30で用いられるADSL送信機100の第1実施例をブロック図形式で示す。ADSL送信機100は、一般に、DSP11、IFFT106、補間回路(interpolator)110、高域通過フィルタ114、DAC118および帯域通過フィルタ122を含む。DSP11は、図1のDSP11と同じ信号処理機能を実行し、出力104を与える。出力104は、それぞれが実数成分および虚数成分を有する32個の複素シンボルを276キロワード/秒(kW/s)のデータ・レートで伝達する。IFFT106は、出力104に接続された入力と、出力108とを有する。IFFT106は、276 kW/sのデータ・レートで出力104上で伝達される32個の複素シンボルの時間領域表現を与える。補間回路110は、出力108に接続された入力と、出力112とを有する。補間回路110は、出力108上の276 kW/s時間領域信号を、出力112上の552 kW/s補間信号に変換する。補間回路110は、任意の従来のデジタル補間回路を利用して構築できる。広帯域通過フィルタ114は、出力112に接続された入力と、出力116とを有する。高域通過フィルタ114は、138 kHzのカットオフ周波数を有し、80 kHz~138 kHzまでロールオフするため、出力116上で与えられる高域濾波信号には、80 kHz以下で有意な信号エネルギーは存在し

ない。DAC118は、出力116に接続された入力と、出力120とを有する。DAC118は、出力116上の高域通過濾波信号をアナログ形式に変換する。DAC118は、シグマ・デルタ、抵抗ラダーなど任意の従来のDACアーキテクチャを利用してもよい。好ましくは、DAC118は、周知のデジタル回路を利用する構築が簡単なためシグマ・デルタ・コンバータとして構築される。帯域通過フィルタ122は、出力120に接続された入力と、図4に図示しない伝送回線ハイブリッドを介してツイスト・ペア18に接続された出力とを有する。帯域通過フィルタ122は、138 kHz~276 kHzの通過帯域を有する。

【0016】動作時、送信機100は、同一の物理媒体上でISDNトランシーバの動作と同時に、修正ADSLアップストリーム信号をツイスト・ペア18に与えることができる。送信機100は、かなりのエネルギーがある周波数帯域を、ISDN信号源の周波数成分と重複しない周波数帯域に変更することにより、ADSLシンボルの周波数成分を変更する。なお、送信機100は、ADSLシンボルを生成する際にDSP11の動作にあまり影響を及ぼさずに、周波数変更を行うことに留意されたい。従って、送信機100は、最小限の回路修正で、図1の送信機10などの既存の規格準拠のADSL送信機から構築できる。

【0017】図5は、図4の送信機100において流れる信号の周波数成分のグラフを示す。図5およびそれ以降の図面において、縦軸は、例えば、ワット/ヘルツ(W/Hz)単位の電力密度(power density)を表す。横軸は周波数を表し、例えばHz単位である。各信号は、縦軸の左側の対応する参照番号によって記される。ベースライン値は「p」と記され、これは理論的にゼロであるが、実際の実施では、ホワイトノイズのためゼロでないことがある。斜線部分は、ISDN信号源によって導入される電力密度を表す。

【0018】ここで、図4とともに図5を検討すると、出力信号108は、0~138 kHzで有意な周波数成分を有する。補間回路110は、信号108を補間することにより出力信号112を与える。この補間の効果は、138 kHzの周波数を中心にして電力スペクトルを鏡映させることである。次に、高域通過フィルタ114は0~80 kHzの周波数を減衰し、そのため出力信号116は0~138 kHzで比較的小さい電力密度と、138~276 kHzで、異なる周波数範囲であるが出力信号108の電力密度に対応する電力密度を有する。DAC118は、出力信号116と実質的に同じ電力密度であるが、アナログ形式で表されたアナログ出力信号120を与える。なお、DAC118がシグマ・デルタ方法を利用して構築される場合、周波数スペクトルに導入される量子化雑音を除去するため、追加の低域通過雑音整形フィルタが必要なことに留意されたい。次

に、帯域通過フィルタ122は、138kHz～276kHzの範囲外の周波数をさらに濾波する。

【0019】ツイスト・ペア18に接続されるISDN信号源の存在のため、ツイスト・ペア18上に0～80kHzで有意な電力密度を有する追加信号が存在することに留意されたい。ただし、送信機100の動作のため、これら2つの周波数スペクトルは重複しない。従って、送信機100は、干渉せずに、ISDN信号源と同時に、共通の電話回線上でADSLアップストリーム信号を送信できる。なお、送信機100は、ツイスト・ペア18上でISDN信号源の同時動作を可能にするだけでなく、138kHz以下の周波数成分のみを有する任意の他の信号源と同時に動作できる。

【0020】図6は、図3の通信システムで用いられるADSL送信機130の第2実施例をブロック図形式で示す。送信機100と同様に、送信機130は、DSP11、IFFT106、補間回路110、DAC118および帯域通過フィルタ122を含み、これらは全て図4における対応する要素と同じ参照番号で記され、同じように動作する。

【0021】しかし、送信機130は、低域通過フィルタ132および乗算器135を内蔵することにより送信機100とは異なる。低域通過フィルタ132は、出力122に接続された入力と、出力134とを有する。低域通過フィルタ132は、218kHz以上で有意な信号エネルギーが通過されないように138kHz以上の周波数を減衰する。乗算器135は、出力134に接続された第1入力と、「混合信号(MIXING SIGNAL)」と記された信号を受ける第2入力と、出力136とを有する。混合信号は、276kHzの周波数を有する正弦波信号である。出力信号134はデジタル信号なので、混合信号は、+1と-1との間で変化する値を有するデジタル正弦波信号として表すことができる。DAC118は、出力136に接続された入力を有し、帯域通過フィルタ122への出力信号138として与えられるアナログ表現に変換する。帯域通過フィルタ122は、出力138に接続された入力を有し、図4の送信機100について説明したように帯域通過濾波を行う。なお、前と同様に、DAC118がシグマ・デルタ方法を利用して構築される場合には、低域通過量子化雑音フィルタも内蔵することに留意されたい。送信機130は、送信機100の機能を実施する別の方法である。送信機100と同様に、送信機130でもDSP11は実質的に変更せずに済む。

【0022】図7は、図6の送信機130において流れる信号の周波数成分のグラフを示す。ここで、図6とともに図7を検討して、信号108、112は図5の対応する信号と同一であることに留意されたい。出力信号134は、0～138kHzで有意な電力密度を有するが、低域通過フィルタ132により、138kHz～2

76kHzでは減衰された電力密度を有する。乗算器135は、138kHzの周波数を中心にして出力信号134の電力密度を鏡映させ、そのため出力信号136のみが138kHz～276kHzで有意な電力密度を有する。信号は、前と同様に138kHz～276kHzの範囲の周波数を通過させる帯域通過フィルタ122により、0～138kHzの範囲においてさらに減衰される。前と同様に、ツイスト・ペア18は、0～80kHzの範囲で有意な電力を有するISDN信号源の情報を伝達できる。

【0023】図8は、図3の通信システム30で用いられるADSL送信機140の第3実施例をブロック図形式で示す。前述のように、共通の要素は同じ参照番号が割り当てられる。送信機140は、一般に、DSP11、IFFT106、補間回路110、DAC142および帯域通過フィルタ144を含む。DSP11、IFFT106および補間回路110は、図4および図6を参照して説明したように動作し、さらに詳しく説明しない。DAC142は、出力112に接続された入力と、出力143とを有する。なお、DAC142は、図4および図6のDAC118と同様に動作してもよいが、DAC142は、送信機100における高域通過フィルタ114または送信機130における低域通過フィルタ132を必要とせずに、出力112に直接接続されることに留意されたい。帯域通過フィルタ144は、出力143に接続された入力と、図8において図示しない伝送回線ハイブリッドを介してツイスト・ペア18に接続される出力とを有する。送信機140は、帯域通過フィルタ144が138kHz以下の周波数成分を減衰するためにのみ用いられる点で、送信機100とは異なる。

【0024】図9は、図8の送信機140において流れる信号の周波数成分のグラフを示す。ここで、図8とともに図9を検討すると、信号108は、0～138kHzの範囲で有意なエネルギーを有し、また以前同様、出力信号112も138kHz～276kHzでエネルギーを有する。なお、雑音整形量子化フィルタは276kHz以上の信号しか減衰しないので、DAC142はこれら全ての周波数を通過させることに留意されたい。しかし、帯域通過フィルタ144は、0～138kHzの範囲の信号におけるエネルギーを減衰する。なお、帯域通過フィルタ144は、図4および図6の帯域通過フィルタ122に必要ななかった0～138kHzにおける有意なエネルギーを濾波するために用いられるため、より鋭いカットオフ応答が必要になる。従って、帯域通過フィルタ144は、帯域通過フィルタ122よりも高品位なフィルタで構築する必要がある。

【0025】図10は、図3の通信システム30で用いられるADSL送信機150の第4実施例をブロック図形式で示す。以前同様、DSP11は、送信機100、130および140で用いられたDSPと同様である。

ただし、送信機 150 は、出力信号 104 に接続された修正 IFFT152 を含む。修正 IFFT152 は、32 個の複素 ADSL シンボルを出力 153 上で与えられる対応する時間領域表現に、552 kW/s のより高いデータ・レートで変換する。図示の実施例では、修正 IFFT152 は、64 入力 IFFT として構築され、ここで 0~138 kHz に対応する 32 個の複素入力信号はゼロ・エネルギーで入力される。なお、この修正 IFFT は、ゼロになることがあらかじめわかっているこれらの計算を行いことにより、簡略化できることに留意されたい。DAC154 は、出力 153 に接続された入力信号と、出力 156 とを有する。帯域通過フィルタ 158 は、出力 156 に接続された入力信号と、図 10 において図示しない伝送回線ハイブリッドを介してツイスト・ペア 18 に接続された出力信号とを有する。

【0026】図 11 は、図 10 の送信機 150 において流れる信号の周波数成分のグラフを示す。ここで、図 10 とともに図 11 を検討すると、修正 IFFT152 は、0~138 kHz の範囲におけるゼロ値シンボルの入力のため、0~138 kHz において有意なエネルギーのない出力信号 153 を与える。138~276 kHz の周波数成分は、出力 104 上で与えられるシンボルを表す。DAC154 は、出力 156 上で出力 153 の周波数成分を維持し、また以前同様、シグマ・デルタ DAC として構築される場合、276 kHz 以上のカットオフ周波数を有する低域通過量子化雑音整形フィルタを有する。帯域通過フィルタ 158 は、138 kHz~276 kHz の範囲の周波数を通過させ、そのため、ツイスト・ペア 18 上で 0~80 kHz の ISDN 信号を同時に伝達することができる。

【0027】図 12 は、図 3 の ADSL システム 30 の ADSL トランシーバ 40 において用いられる ADSL 受信機 200 の第 1 実施例をブロック図形式で示す。受信機 200 は、帯域通過フィルタ 201、アナログ/デジタル・コンバータ 203、デシメータ 205、高速フーリエ変換 210 およびデジタル信号プロセッサ 212 を含む。デシメータ 205 は、ISDN 高域通過フィルタ 206 およびダウンサンプラ 208 を含む。帯域通過フィルタ 201 は、アップストリーム信号を受信するためツイスト・ペア 18 に接続された入力信号を有し、また帯域通過濾波信号を与える出力 202 を有する。アナログ/デジタル・コンバータ 203 は、帯域通過濾波信号を受けるため出力 202 に接続された入力信号と、出力 204 とを有する。ISDN 高域通過フィルタ 206 は、デジタル信号を受けるため出力 204 に接続された入力信号と、高域通過濾波されたデジタル信号を与える出力 207 とを有する。ダウンサンプラ 208 は、出力 207 に接続された入力信号と、出力 209 とを有する。高速フーリエ変換 210 は、出力 209 に接続された入力信号と、出力 211 とを有する。DSP 212 は、出力 211 に接続され

た入力信号と、「データ」と記されたデジタル・データを与える出力信号とを有する。

【0028】動作時、受信機 200 は、ツイスト・ペア 18 から修正アップストリーム ADSL 信号および ISDN 信号を受信し、このアップストリーム ADSL 信号に対応する復号デジタル・データを与える。

【0029】図 13 は、図 12 の受信機において流れる各信号のスペクトル成分のグラフを示す。図 13 のグラフは、縦軸の電力密度と、横軸の周波数として記されている。各グラフは、同じ参照番号を有する受信機 200 の入力および出力に対応する参照番号で記される。また、各グラフは、「p」と記されたベース電力密度から開始する。グラフは図示のために過ぎず、縮尺通りではない。図 13、図 15、図 17 および図 17 において、各グラフの斜線部分は伝量密度と周波数の関係としての ISDN 信号を表す。

【0030】受信機 200 の動作について、図 12 および図 13 を参照して説明する。上述のように、ISDN 周波数は、一般に、0~80 kHz の領域を占める。ISDN 信号の周波数成分のほとんどは 80 kHz までの周波数帯域であるが、80 から約 138 kHz (図 13 に示す) まで存在する残留 ISDN エネルギーがある。受信機 200 によって受信される修正 ADSL 信号は、上記の送信機の実施例のうちの一つによって送信される 138 kHz~276 kHz までの領域を占める周波数成分を有する。受信機 200 は、ツイスト・ペア 18 からの修正 ADSL アップストリーム信号を規格準拠の ADSL 信号に変換し戻す。これにより、DSP 212 は、従来の図 2 の DSP 25 とあまり変更がなくて済み、そのため受信機 200 を構築するコストおよび複雑さが低減される。

【0031】帯域通過フィルタ 201 は、ツイスト・ペア 18 から受信したアナログ信号を帯域通過濾波し、ISDN 信号を減衰して、ADSL 信号をアナログ/デジタル・コンバータ 203 に通過させることができる。なお、別の実施例では、ISDN 信号は、欧州に存在するタックス・トーン (tax tone) や、米国における POTS など他の規格に準拠する別の信号と入れ替えてもよいことに留意されたい。また、わかりやすく簡単にするため、全てのデジタル信号について図 13、図 15、図 17 および図 19 に示す電力密度グラフは、サンプリング・レートの半分までしか示していないことに留意されたい。

【0032】アナログ/デジタル・コンバータ 203 は出力 204 に結合され、出力 202 上でアナログ ADSL 信号を表す複数のデジタル信号を与える。好適な実施例では、アナログ/デジタル・コンバータ 203 は、従来のシグマ・デルタ・コンバータである。ISDN 高域通過フィルタ 206 およびデシメータ 205 は、出力 207 上で与えられた ISDN 信号をさらに濾波する。出

力 204, 207におけるデータ・レートは552kW/sである。ダウンサンプラ208は従来のダウンサンプラであり、出力207に結合される。ダウンサンプラ208は、図13において参照番号209で示されるように、約0~138kHzのベースバンドにADSL信号をシフトバックまたはダウンサンプルする。同時に、ダウンサンプラ208は、データ・レートを552kW/sから276kW/sに変換する。なお、図示の実施例では、ダウンサンプラ208は2分の1にダウンサンプリングすることに留意されたい。しかし、別の実施例では、ダウンサンプリングは別の係数を用いて行ってもよい。

【0033】図13の出力207, 209について、ISDN信号からの残留電力密度が示されている。残留電力密度は雑音として認識され、ADSL信号と望ましくない干渉を発生する。従って、ISDN高域通過フィルタ206は、ISDN信号のほとんどを除去または減衰することが重要である。なお、FFTの前のデータ・ストリームには、等化器、エコー・キャンセラなどの追加ハードウェアおよび/またはソフトウェアがある(図12, 図14, 図16および図18には図示せず)ことに留意されたい。ただし、追加ハードウェアまたはソフトウェアは、本発明を説明する目的とは関係ない。

【0034】FFT210は、ダウンサンプラ208から信号を受け、出力209におけるダウンサンプラ208からの信号を時間領域から周波数領域に変換する。DSP212は、FFT210から周波数領域信号を受け、この信号をさらに復号して、図3に示すビデオ・サーバ58などの通信装置によって用いられる「出力データ」と記されたデジタル出力データを与える。受信機200は、ツイスト・ペア18上でISDN信号源の同時動作を可能にするだけでなく、138kHz以下の周波数成分のみを有する任意の他の信号源とも同時に動作できる。

【0035】図14は、本発明の第2実施例による受信機220をブロック図形式で示す。受信機220は、帯域通過フィルタ221, アナログ/デジタル・コンバータ223, 乗算器225, デシメータ227, FFT232およびDSP233を含む。帯域通過フィルタ221は、ツイスト・ペア18に結合された入力と、222と記された出力とを有する。アナログ/デジタル・コンバータ223は、出力222に結合された入力と、224と記された出力とを有する。乗算器225は、出力224に結合された第1入力と、ミキシング信号を受ける第2入力とを有する。好適な実施例では、ミキシング信号は、276kHzの周波数を有する正弦波である。乗算器225は、226と記された出力を有する。デシメータ227は、低域通過フィルタ228およびダウンサンプラ229を含む。低域通過フィルタ228は、出力226に結合された入力と、230と記された出力とを

有する。ダウンサンプラ229は、出力230に結合された入力と、231と記された出力とを有する。FFT232は、出力231に結合された入力と、出力とを有する。DSP233は、FFT232の出力に結合された入力と、出力データと記された出力デジタル・データとを有する。

【0036】図15は、受信機220において流れる各信号の周波数成分のグラフを示す。受信機220の動作について、図14および図15とともに説明する。動作時、帯域通過フィルタ221は、ツイスト・ペア18からISDN信号および修正アップストリームADSL信号を受ける。帯域通過フィルタ221は、出力222のグラフについて図15に示すように、ISDN信号を減衰し、ADSL信号を通過させる。帯域通過濾波信号は、アナログ/デジタル・コンバータ223に与えられる。アナログ/デジタル・コンバータ223は、帯域通過濾波信号のデジタル表現を乗算器225の第1入力に与える。乗算器225は、出力226について図13に示すように、0~138kHzの周波数範囲で、138kHzから276kHzの周波数バンドにADSL信号を多重(folding)する。ADSL信号の倍増と同時に、ISDN信号は138kHzから276kHzに周波数がシフトアップされる。低域通過フィルタ228は、図15における出力230について示すように、ISDN信号をさらに減衰し、減衰したISDN信号およびADSL信号をダウンサンプラに送る。デシメータ227のダウンサンプラ229は、552kW/sのデータ・レートで低域通過濾波信号を受けて、出力231についてグラフで示されるように、デシメートまたはダウンサンプリングされた信号を276kW/sのレートで与える。同時に、ISDN残留電力密度は、138kHz~276kHzの周波数帯域から0kHz~138kHzの周波数帯域までシフトダウンされる。シフトダウンされた残留ISDN信号は、出力231のグラフで示されるように、ADSL信号上で雑音として認識される。従って、帯域通過フィルタ221および低域通過フィルタ228によって行われる全減衰は、望ましくない残留ISDN信号の電力密度を決定する。残留ISDN信号の電力密度が低ければ、ベースバンドADSL信号の全体的な品質は向上する。FFT232は、出力231から受けた信号について時間領域から周波数領域への変換を行い、周波数領域信号をDSP233に与える。DSP233は、ADSL信号をさらに復号し、出力データと記されたデジタル出力データを、通信システム30に結合された通信装置に与える。

【0037】受信機220は、図12に示す受信機200と実質的に同じ出力を与える。ただし、受信機220において、ISDN高域通過フィルタ206の代わりに、低域通過フィルタおよびミキサが用いられる。これにより、若干異なるハードウェアおよび/またはソフト

ウェアを用いて同じ結果が得られる。なお、好適な実施例では、ハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせが用いられるが、別の実施例では、濾波およびダウンサンプリングをハードウェア、ソフトウェアまたはその組み合わせで行ってもよい。

【0038】図16は、図3のシステムで用いられる本発明の第3実施例による受信機240をブロック図形式で示す。受信機240は、帯域通過フィルタ214、アナログ/デジタル・コンバータ243、高域通過フィルタ245、修正FFT247およびDSP248を含む。帯域通過フィルタ241は、ISDN信号および修正アップストリームADSL信号を同時に受けるためツイスト・ペア18に結合された入力とを有する。また、帯域通過フィルタ241は、242と記された出力も有する。アナログ/デジタル・コンバータ243は、出力242に結合された入力と、出力242における信号のデジタル信号表現を与える244と記された複数の出力とを有する。高域通過フィルタ245は、出力244に結合された入力と、246と記された出力とを有する。修正FFT247は、高域通過フィルタ245の出力に結合された入力と、出力とを有する。DSP248は、修正FFT247の出力に結合された入力と、出力データと記された出力とを有する。図17は、受信機240において流れる各信号の周波数成分のグラフを示す。受信機240の動作について、図16および図17を参照して説明する。動作時、帯域通過フィルタ241は、ツイスト・ペア18から受けたISDN信号を帯域通過濾波または減衰し、138kHz～276kHzの周波数成分を有するアップストリームADSL信号を通過させる。帯域通過濾波信号は、図17に示すように出力242に与えられる。出力244は、ADSL信号のデジタル表現を含み、これを552kW/sのデータ・レートで高域通過フィルタ245に与える。高域通過フィルタ245は、ISDN信号をさらに減衰し、同じ552kW/sのデータ・レートでADSL信号を通過させる。

【0039】修正FFT247は、出力246上の信号を時間領域から周波数領域に変換すべく機能する。図16に示す修正FFT247は、276kW/sのレートの二倍、すなわち552kW/sでデータを受けるという点で、FFT210、FFT257、FFT232から修正されている。修正FFT247は、276kW/sのデータ・レートでのみ出力する。これは、FFT247の出力を「剪定(pruning)」することによって達成される。実際、修正FFT247は、実質的には、276kW/s出力データのみを有するように最適化された552kW/s出力のFFTである。また、これらの出力は、FFT247からの出力がFFT210、232、257からの出力と整合するように再配列される。なお、図16の受信機240は、修正FFT247を利用して再配列および剪定を行うことに留意されたい。再

配列は、ADSL信号の上部の傾きを反対にすることによって、図15において示される。なお、別の実施例では、再配列はFFTではなくDSPにおいて行ってもよいことに留意されたい。修正FFT247から出力された信号は、DSP248に与えられる。DSP248は、アップストリームADSL信号をさらに復号して、出力データと記されたデジタル出力データを与える。図12および図14に示す実施例とは異なり、受信機240は、ダウンサンプラを有する個別のデシメータを利用せず、修正FFTブロックにおいてダウンサンプリング機能を行う。上記のように、残留ISDN信号は、修正FFT247の出力(図17において図示せず)後にADSL信号上で雑音として現れる。

【0040】図18は、図3のシステムにおいて用いられる本発明の第4実施例による受信機250をブロック図形式で示す。

【0041】受信機250は、帯域通過フィルタ251、アナログ/デジタル・コンバータ253、ダウンサンプラ255、FFT257およびDSP258を含む。帯域通過フィルタ251は、ツイスト・ペア18に結合された入力と、252と記された出力とを有する。アナログ/デジタル・コンバータ253は、出力252に結合された入力と、ツイスト・ペア18からのADSL信号のデジタル表現を与える複数の出力254とを有する。ダウンサンプラ255は、出力254に結合された入力と、出力256とを有する。FFT257は、出力256に結合された入力と、出力とを有する。DSP258は、FFT257の出力に結合された入力と、「出力データ」と記されたデジタル出力データを与える出力とを有する。

【0042】図19は、図18の受信機において流れる各信号の周波数成分のグラフを示す。動作時、帯域通過フィルタ251は、ツイスト・ペア18からISDN信号および修正アップストリームADSL信号の両方を受け、ISDN信号を帯域通過濾波または減衰し、ADSL信号を出力252に通過させる。アナログ/デジタル・コンバータ253は、帯域通過濾波信号を受け、デジタル信号をダウンサンプラ255に与える。アナログ/デジタル・コンバータ253のデータ・レートは、アップストリームADSL信号の最も高い周波数よりも高い。出力252は、図19において参照番号252として示される。アナログ/デジタル・コンバータからの出力254は図19において示され、ダウンサンプラ255の入力に対して552kW/sのサンプリング・レートを有する。ダウンサンプラ255は、138kHz～276kHzから0～138kHzの周波数帯域にシフトされたデシメートまたはダウンサンプリングADSL信号を出力256に与える。上述のように、減衰されたまたは残留ISDN信号は雑音として現れる。ダウンサンプラ255は、出力254における信号のデータ・レ

ートを552kW/sから276kW/sのデータ・レートに変換し、このダウンサンプリング信号を出力256に与える。

【0043】FFT257は、FFT210、FFT232と実質的に同じである。FFT257は、276kW/sのデータ・レートで信号を与える。DSP258は、FFT257の出力をさらに復号し、修正アップストリームADSL信号を表すデジタル出力データを与える。

【0044】デジタル領域およびアナログ領域の両方のフィルタを内蔵する図12、図14および図16に示した受信機とは対照的に、帯域通過フィルタ251は、受信機250におけるISDN信号の全ての濾波をアナログ領域で行わなければならない。全ての濾波および減衰をアナログ領域において行うことは、上記の実施例に比べて高価になるという欠点がある。しかし、帯域通過フィルタ251は、ISDN信号をアナログ領域で減衰および帯域通過濾波することにより、デジタル・フィルタの必要性を省き、そのため、デジタル信号を処理するために必要な動作が少なくなるので、高価でないデジタル・プロセッサが可能になる。

【0045】本発明について、好適な実施例の観点から説明してきたが、本発明はさまざまな点で修正でき、上で具体的に説明した以外の多くの実施例が可能なのは当業者に明白である。なお、各送信機実施例において説明した補間回路は、デジタル論理回路において容易に実現できる係数2で入力信号を補間したが、別の補間係数も利用できることに留意されたい。また、本発明による通信システムは、欧州タックス・トーン、POTSトランシーバまたは低周波数信号エネルギーの任意の別の信号源など、他のISDNでない信号源でも利用できる。従って、特許請求の範囲は、本発明の真の精神および範囲内の一切の修正を網羅するものとする。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術によるADSL送信機を示すブロック図である。

【図2】従来技術によるADSL受信機を示すブロック図である。

【図3】同一電話回線上で同時ISDN伝送を可能にする、本発明によるADSLシステムを示すブロック図である。

【図4】図3のシステムにおいて用いられるADSL送信機の第1実施例を示すブロック図である。

【図5】図4の送信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図6】図3のシステムにおいて用いられるADSL受信機の第2実施例を示すブロック図である。

【図7】図6の送信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図8】図3のシステムにおいて用いられるADSL送

信機の第3実施例を示すブロック図である。

【図9】図8の送信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図10】図3のシステムにおいて用いられるADSL送信機の第4実施例を示すブロック図である。

【図11】図10の送信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図12】図3のシステムにおいて用いられるADSL受信機の第1実施例を示すブロック図である。

【図13】図12の受信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図14】図3のシステムにおいて用いられるADSL受信機の第2実施例を示すブロック図である。

【図15】図14の受信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図16】図3のシステムにおいて用いられるADSL受信機の第3実施例を示すブロック図である。

【図17】図16の受信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【図18】図3のシステムにおいて用いられるADSL受信機の第4実施例を示すブロック図である。

【図19】図18の受信機において流れる信号のスペクトル成分を示すグラフである。

【符号の説明】

- 11 デジタル信号プロセッサ (DSP)
- 18 ツイスト・ペア
- 30 通信システム
- 32 ADSL遠隔端末
- 34 ADSLトランシーバ
- 36 スプリッタ
- 38 ISDNトランシーバ
- 40 ADSL中央局
- 42 ADSLトランシーバ
- 44 スプリッタ
- 46 ISDNトランシーバ
- 48 テレビジョン受信機
- 50, 56 コンピュータ端末
- 52, 54 電話
- 58 ビデオ・サーバ
- 100 ADSL送信機
- 104 出力
- 106 IFFT
- 108 出力
- 110 補間回路
- 112 出力
- 114 高域通過フィルタ
- 116 出力
- 118 DAC
- 120 出力
- 122 帯域通過フィルタ

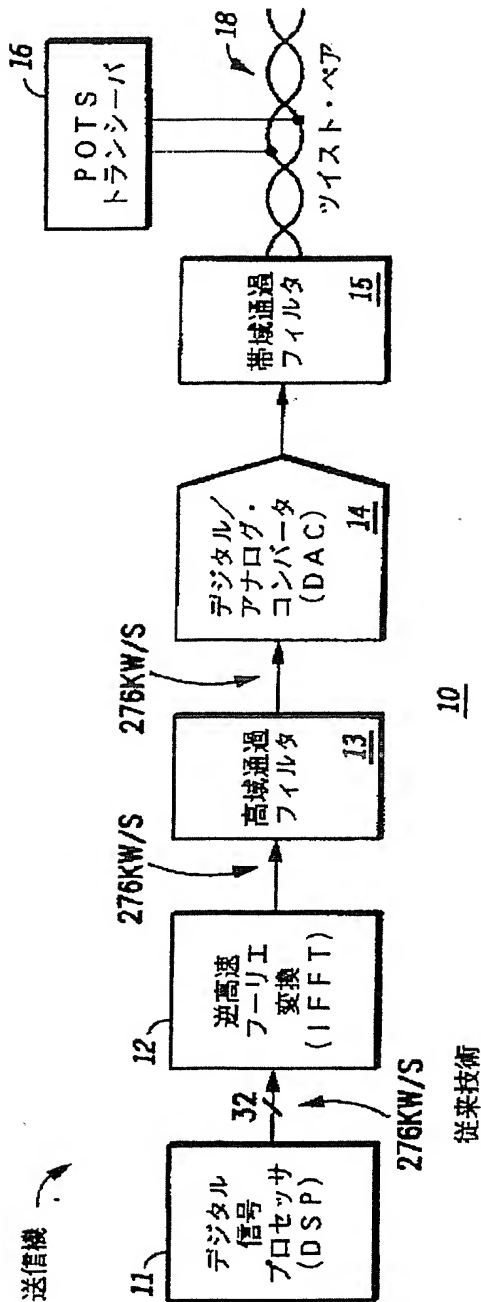
19

20

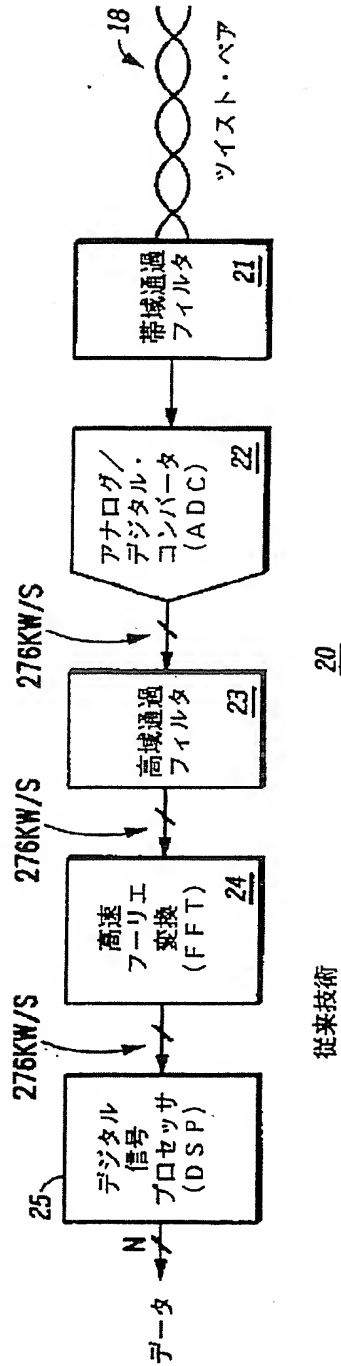
130 ADSL送信機
 132 低域通過フィルタ
 134 出力
 135 乗算器
 136 出力
 138 出力
 140 ADSL送信機
 142 DAC
 143 出力
 144 帯域通過フィルタ
 150 ADSL送信機
 152 修正IFFT
 153 出力
 154 DAC
 156 出力
 158 帯域通過フィルタ
 200 ADSL受信機
 201 帯域通過フィルタ
 202 出力
 203 アナログ／デジタル・コンバータ
 204 出力
 205 デシメータ
 206 ISDN高域通過フィルタ
 207 出力
 208 ダウンサンプラ
 209 出力
 210 高速フーリエ変換
 211 出力
 212 デジタル信号プロセッサ
 220 受信機
 221 帯域通過フィルタ

222 出力
 223 アナログ／デジタル・コンバータ
 224 出力
 225 乗算器
 226 出力
 227 デシメータ
 228 低域通過フィルタ
 229 ダウンサンプラ
 230 出力
 10 231 出力
 232 FFT
 233 DSP
 240 受信機
 241 帯域通過フィルタ
 242 出力
 243 アナログ／デジタル・コンバータ
 244 出力
 245 高域通過フィルタ
 246 出力
 20 247 修正FFT
 248 DSP
 250 受信機
 251 帯域通過フィルタ
 252 出力
 253 アナログ／デジタル・コンバータ
 254 出力
 255 ダウンサンプラ
 256 出力
 257 FFT
 30 258 DSP

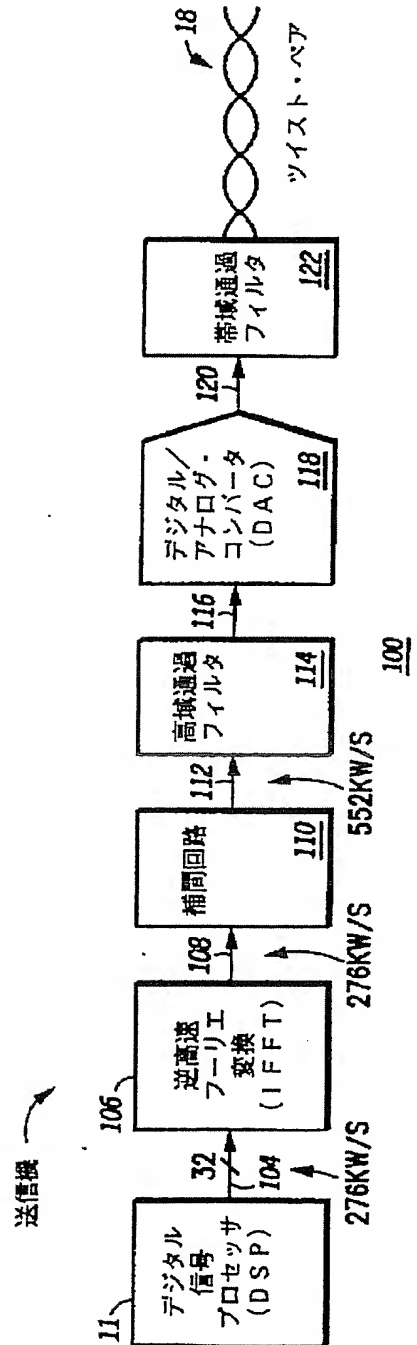
【図 1】



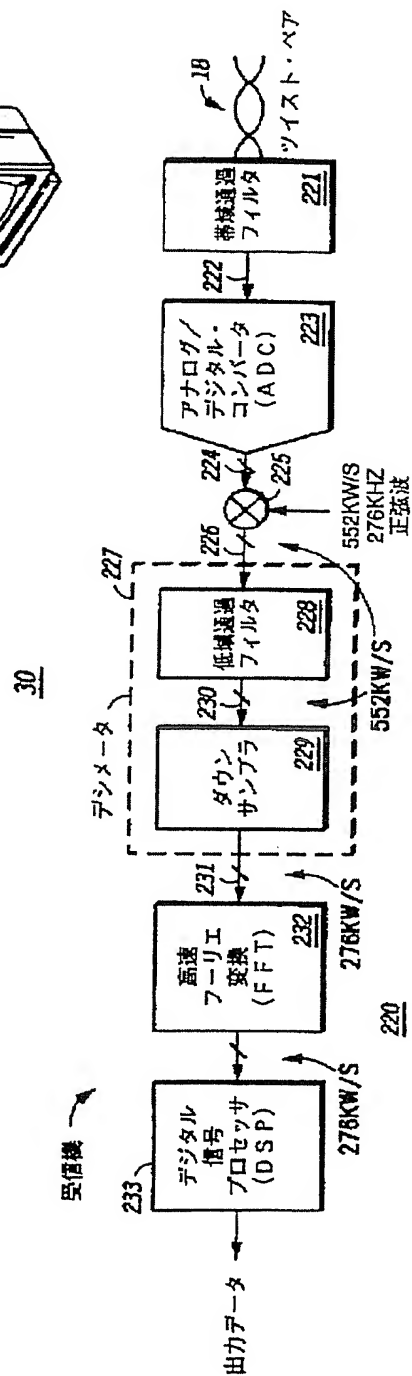
【図 2】



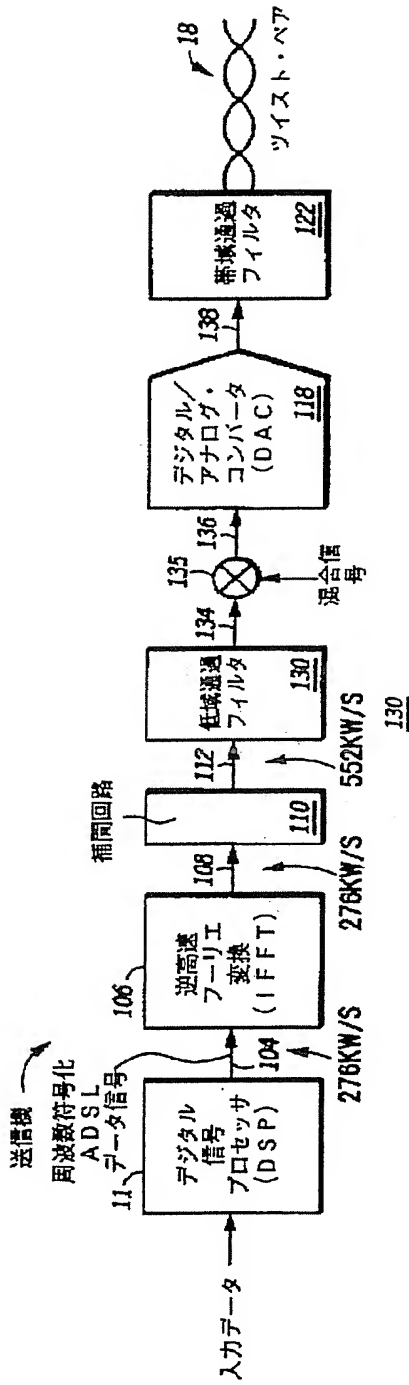
【図 4】



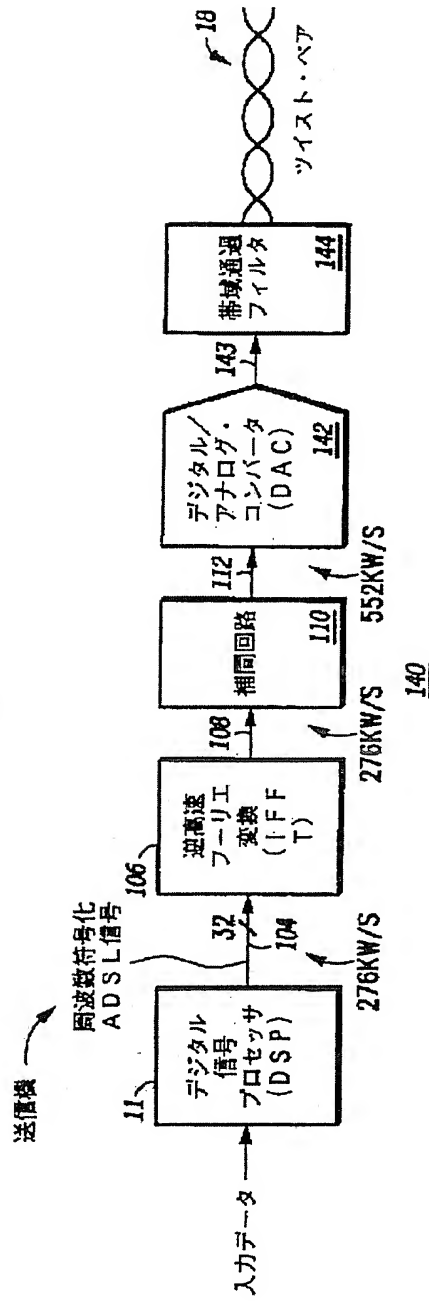
【図 14】



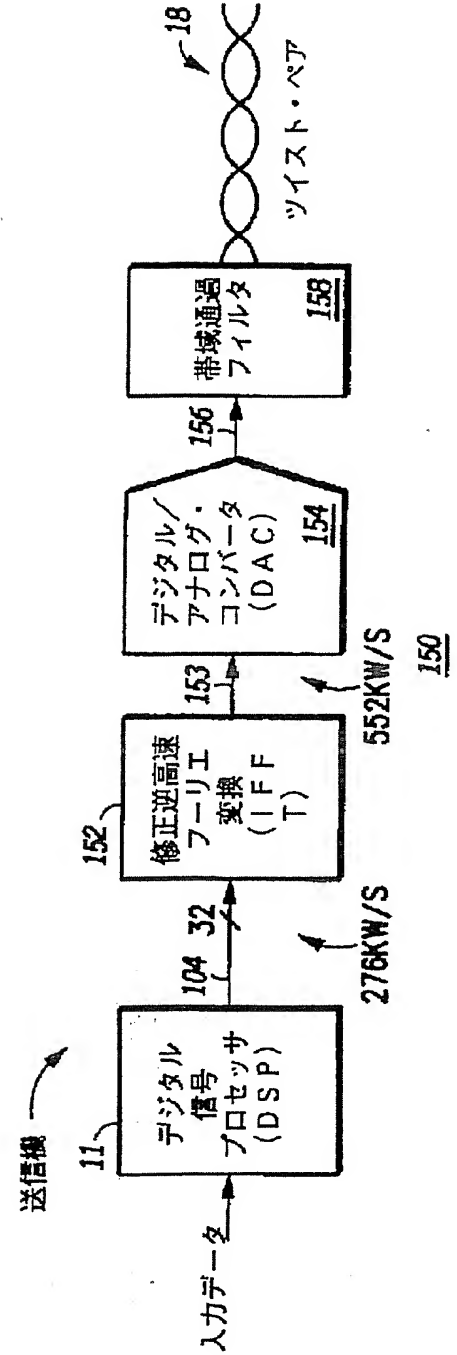
【図6】



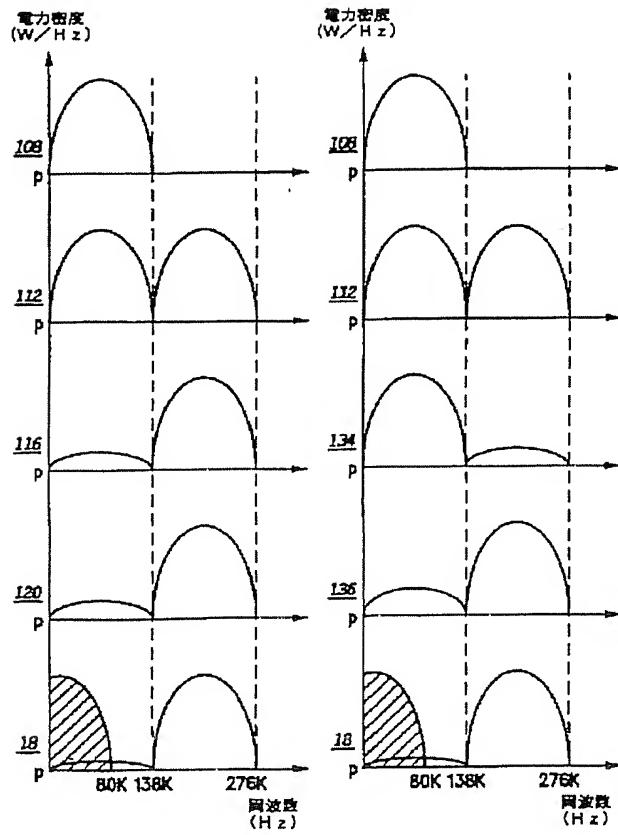
【図8】



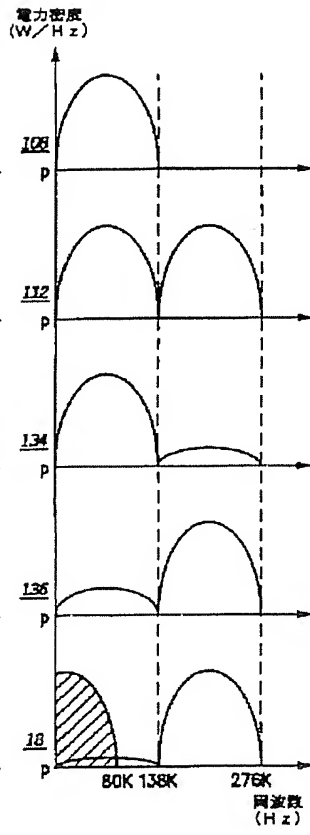
【図10】



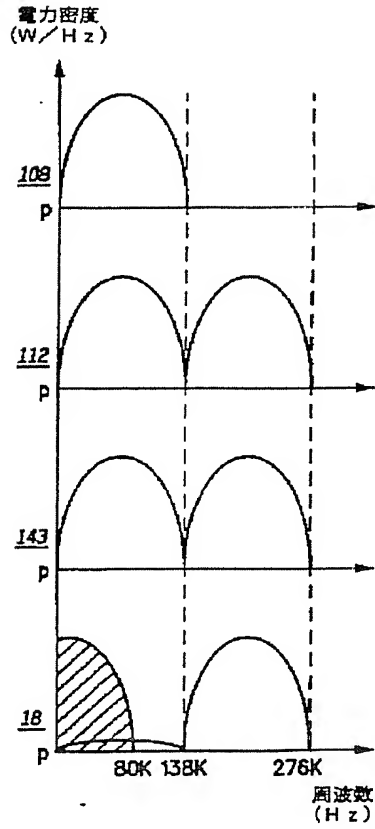
【図 5】



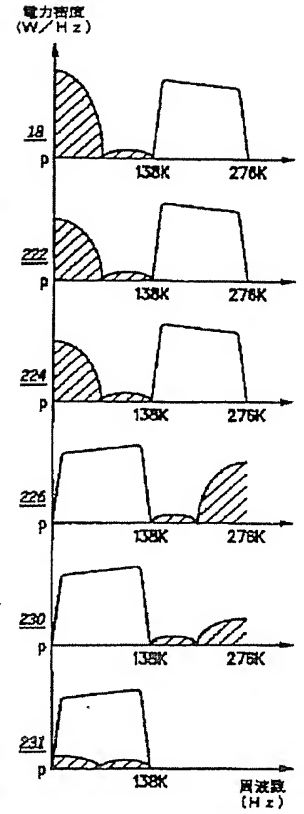
【図 7】



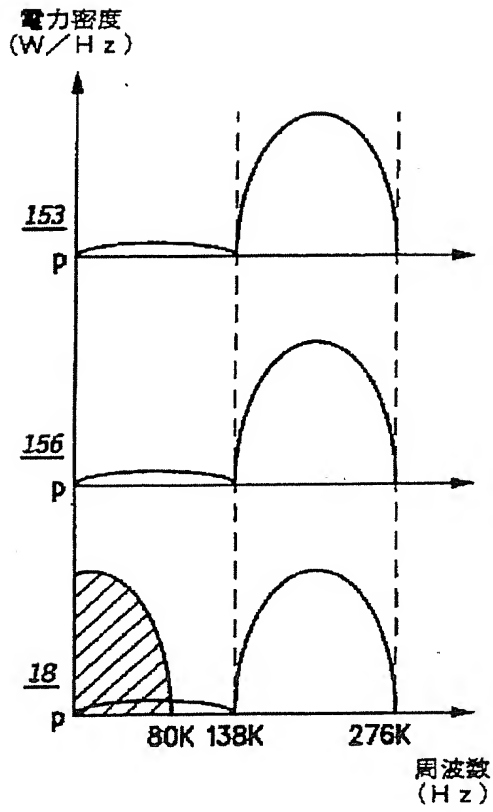
【図 9】



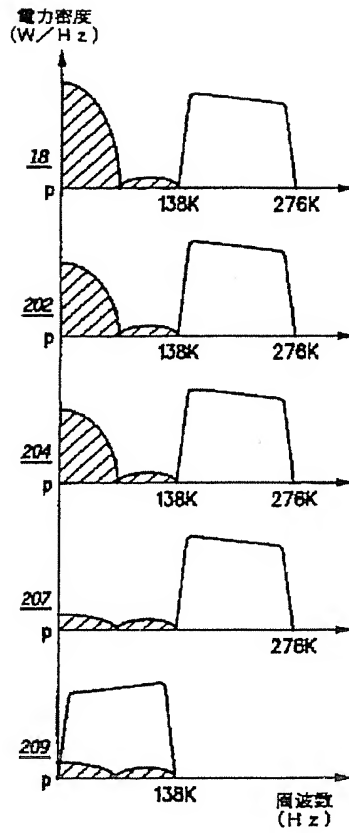
【図 15】



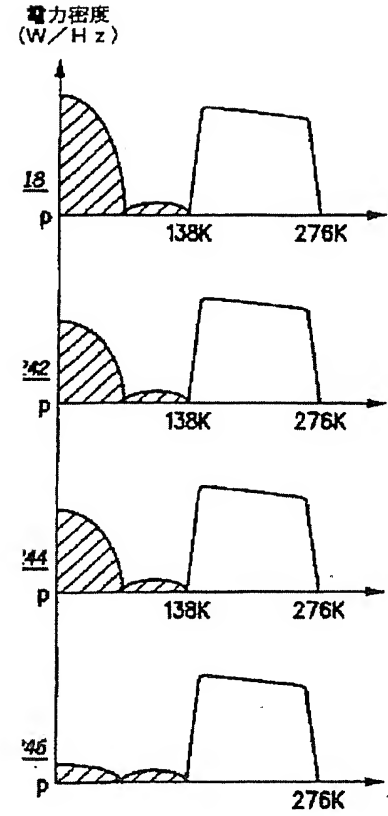
【図 1 1】



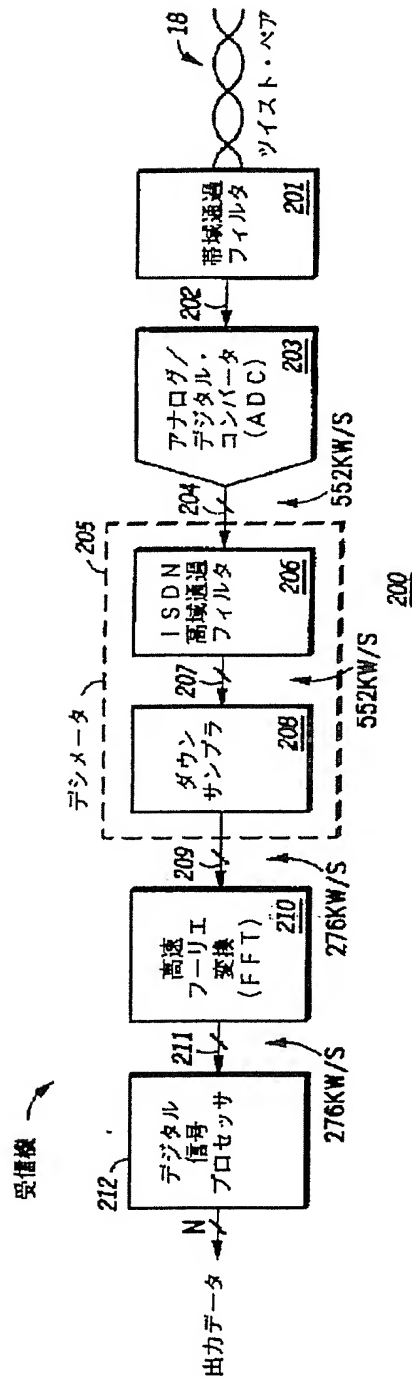
【図 1 3】



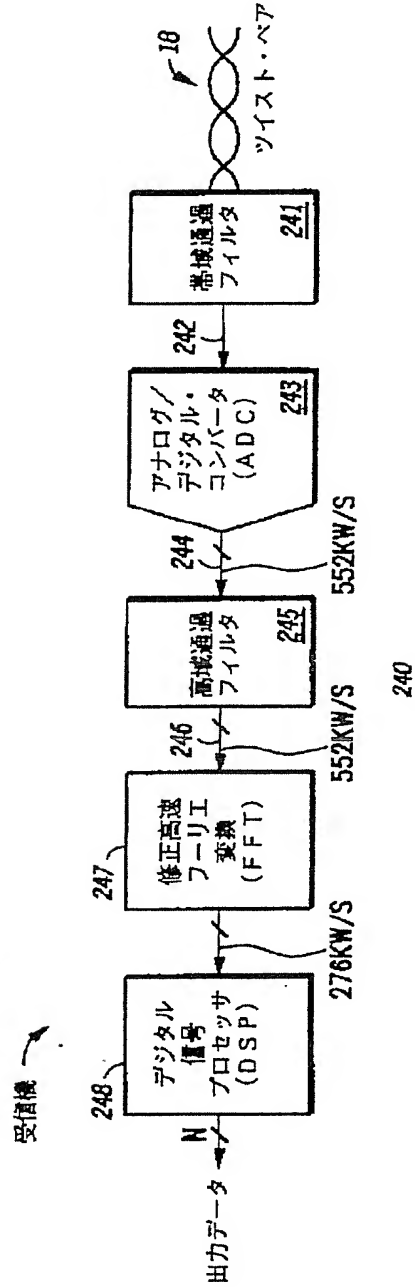
【図 1 7】



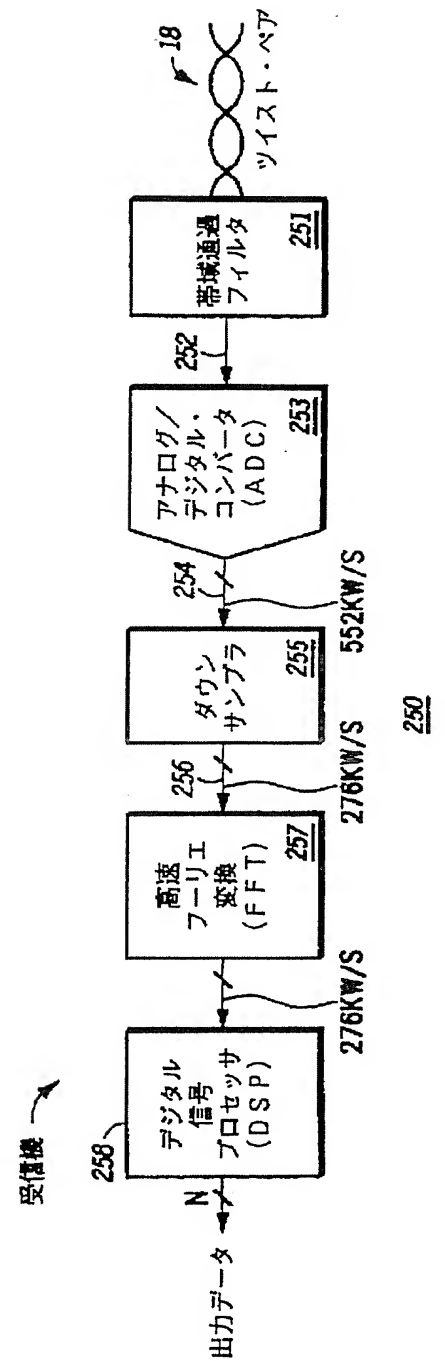
【図12】



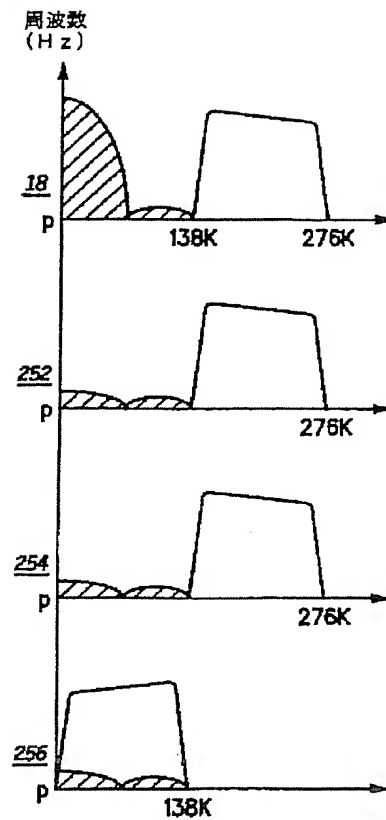
【図16】



【図18】



【図 19】



フロントページの続き

(72) 発明者 マシュー・エー・ペンドルトン
アメリカ合衆国テキサス州セダー・パーク、
ベイベリー・コート503

(72) 発明者 テレンス・エル・ジョンソン
アメリカ合衆国テキサス州オースチン、
チャッカー・サークル10100
(72) 発明者 ピーター・アール・モルナー
アメリカ合衆国テキサス州オースチン、
ウェスト37ス・ストリート1812